

PATENT
Atty. Docket No. 678-1272 (P11009)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT(S): Chan-Soo HWANG, et al.

SERIAL NO.: not yet assigned

FILED: concurrent herewith

FOR: **APPARATUS AND METHOD FOR
TRANSMITTING/RECEIVING DIFFERENTIAL
STBC USING CHANNEL POWER**

DATED: February 4, 2004

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

Enclosed is a certified copy of Korean Patent Appln. No. 26265
filed on April 25, 2003, from which priority is claimed under 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,



Paul J. Farrell, Esq.
Reg. No. 33,494
Attorney for Applicant(s)

DILWORTH & BARRESE, LLP
333 Earle Ovington Blvd.
Uniondale, NY 11553
(516) 228-8484

CERTIFICATION UNDER 37 C.F.R. 1.10

I hereby certify that this New Application Transmittal and the documents referred to as enclosed therein are being deposited with the United States Postal Service in an envelope as "Express Mail Post Office to Addressee" Mail Label Number EV333229029US addressed to: Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date listed below.

Dated: February 4, 2004



Douglas M. Owens III

Chan - Soo Hwang, et al.
Atty. Docket: 678-1272
(P11009)



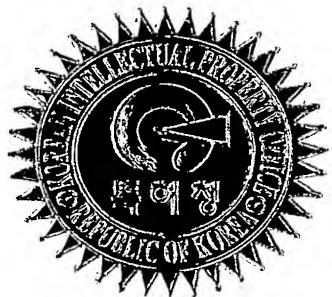
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출 원 번 호 : 10-2003-0026265
Application Number

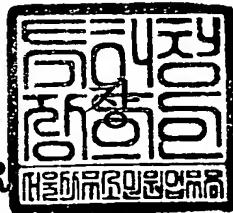
출 원 년 월 일 : 2003년 04월 25일
Date of Application APR 25, 2003

출 원 인 : 삼성전자주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003 년 09 월 30 일

특 허 청
COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0005
【제출일자】	2003.04.25
【국제특허분류】	H04L
【발명의 명칭】	채널의 전력을 이용한 차등 공간-시간 블럭 부호의 송수신 방법 및 장치
【발명의 영문명칭】	METHOD FOR TRANSMITTING AND RECEIVING DIFFERENTIAL SPACE-TIME BLOCK CODE USING CHANNEL POWER AND THEREFOR APPARATUS
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이건주
【대리인코드】	9-1998-000339-8
【포괄위임등록번호】	2003-001449-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	황찬수
【성명의 영문표기】	HWANG, Chan Soo
【주민등록번호】	750704-1162416
【우편번호】	449-905
【주소】	경기도 용인시 기흥읍 상갈리 금화마을 주공 아파트 303동 1704호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	남승훈
【성명의 영문표기】	NAM, Seung Hoon
【주민등록번호】	771003-1055625
【우편번호】	158-071
【주소】	서울특별시 양천구 신정1동 목동아파트 1022-504
【국적】	KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 정재학
 【성명의 영문표기】 CHUNG, Jae Hak
 【주민등록번호】 640822-1047624
 【우편번호】 137-771
 【주소】 서울특별시 서초구 서초동 무지개아파트 1동 403호
 【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김영수
 【성명의 영문표기】 KIM, Yung Soo
 【주민등록번호】 640112-1063613
 【우편번호】 463-510
 【주소】 경기도 성남시 분당구 마금동 까치마을1단지 대우아파트 109-2401
 【국적】 KR
 【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인
 이건주 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20	면	29,000	원
【가산출원료】	20	면	20,000	원
【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	0	항	0	원
【합계】	49,000			원

【요약서】

【요약】

본 발명은 다수의 송신 안테나를 사용하는 무선통신 시스템에서 별도의 트레이닝 시퀀스를 사용하여 채널 특성을 추정하지 않고 채널의 전력을 추정하여 차등 공간-시간 블럭 부호의 송수신을 수행하는 방법 및 장치에 대한 것이다. 무선통신 시스템에서 차등 공간-시간 블럭 부호에 의해 부호화되어 전송되는 정보 심볼들을 수신하여 복호하는 수신기는, 다수의 송신 안테나들로부터 수신기로 하나의 블럭시간들 동안 수신된 신호를 수집하고, 상기 수신 신호에 이전 블럭시간 동안 수신된 신호를 곱하여 치환 신호를 구하고, 상기 다수의 송신 안테나들로부터 수신 안테나로의 채널에 대한 채널 전력을 추정하여, 상기 추정된 채널 전력을 이전 수신한 심볼들의 크기로 정해지는 정규화 값으로 정규화하고, 상기 치환 신호를 상기 정규화된 채널 전력으로 나누어 정보 심볼들을 구한다. 이러한 본 발명은, 고속 페이딩에 강한 송/수신이 가능하며, 채널 추정을 위한 트레이닝 시퀀스를 필요로 하지 않고, 원점에서 거리가 서로 다른 변조 심볼들을 송신할 수 있으므로 신호대 잡음비의 이득을 얻을 수 있다.

【대표도】

도 6

【색인어】

STBC, DIFFERENTIAL SPACE-TIME BLOCK CODE, QAM

【명세서】**【발명의 명칭】**

채널의 전력을 이용한 차등 공간-시간 블럭 부호의 송수신 방법 및 장치{METHOD FOR TRANSMITTING AND RECEIVING DIFFERENTIAL SPACE-TIME BLOCK CODE USING CHANNEL POWER AND THEREFOR APPARATUS}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래 기술에 따른 공간-시간 블럭부호를 사용하는 송신기의 구성을 나타낸 블럭도.

도 2는 종래 기술에 따라 상기 도 1의 송신기로부터 송신된 신호를 수신하는 수신기의 구성을 나타낸 블럭도.

도 3은 종래 기술에 따른 차등 공간-시간 블럭부호를 사용하는 송신기의 구성을 나타낸 블럭도.

도 4는 종래 기술에 따라 상기 도 3의 송신기로부터 송신된 신호를 수신하는 수신기의 구성을 나타낸 블럭도.

도 5는 본 발명에 따라 차등 공간-시간 블럭 부호를 사용하는 송신기의 구성을 나타낸 블럭도.

도 6은 본 발명에 따라 상기 도 5의 송신기로부터 송신된 신호를 수신하는 수신기의 구성을 나타낸 블럭도.

도 7은 본 발명에 따라 채널 전력의 추정을 위한 심볼들의 개수 L 의 값들에 따른 비트 에너지대 잡음비(E_b/N_0)에 대한 심볼 에러율들(SERs)을 나타낸 도면.

도 8은 종래 기술에 따른 제1 경우와 본 발명에 따른 제2 경우, 비트 에너지대 잡음비(E_b/N_0)에 대한 심볼 에러율들을 비교한 도면.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<9> 본 발명은 무선통신 시스템에 관한 것으로서, 특히 페이딩(Fading)에 의한 열화(Degradation)에 대응하기 위해 송신 안테나 다이버시티를 사용하는 송수신 장치에 관한 것이다.

<10> 무선통신 시스템에서 페이딩을 완화시키기 위한 효과적인 기술 중의 하나는 송신 다이버시티(transmit diversity)이다. 전형적인 송신 다이버시티 기술의 하나는 송신기로부터 수신기로의 채널 특성을 이용하여 원하는 데이터 심볼들을 검출하는 것이다. 그런데 실제로는 채널의 이동성과 변화 때문에 송신기에서 수신기의 채널 특성을 정확히 안다는 것은 불가능할 뿐 아니라, 채널의 상태정보를 송신기로 피드백하는 것은 채널의 용량 저하를 일으키므로 바람직하지 않다. 따라서 송신단에서 채널을 알지 못하는 경우의 송신 다이버시티에 대한 연구가 이루어져 왔다.

<11> 최근에 공간-시간 블럭 부호화(space time block coding: 이하 STBC라 칭함)는 높은 전송량을 필요로 하는 경우 좋은 성능 때문에 더 많은 관심을 받고 있다. 특히 Tarokh 등은 다수

의 안테나들을 사용하는 경우에 양호한 부호화 이득과 다이버시티 이득을 동시에 얻을 수 있는 공간-블럭 격자 부호(space time trellis code)를 개시하였다.(Vahid Tarokh, Et al. "Space time block coding from orthogonal design," IEEE Trans. on Info.. Theory, Vol.45, pp. 1456-1467, July 1999) 여기서 다이버시티 이득은 페이딩 채널에 의해 발생하는 채널 이득의 저하에 대응하는 것이다.

<12> 도 1은 종래 기술에 따른 공간-시간 블럭부호를 사용하는 송신기의 구성을 나타낸 블럭도로서, 도시한 바와 같이 직/병렬 변환기(Serial to Parallel Converter: S/P Converter)(10)와 부호화기(Encoder)(20) 및 N개의 송신 안테나들(30-1,30-2, ..., 30-N)로 구성되어 있다.

<13> 상기 도 1을 참조하면, 상기 직/병렬 변환기(10)는 소정 정보 소스(도시하지 않음)로부터 입력되는 심볼들을 N개씩 묶어 한 블럭의 심볼들을 구성하여 상기 부호화기(20)로 제공한다. 상기 부호화기(20)는 상기 N개의 심볼들을 가지고 소정 개수의 조합들을 구성하여 해당하는 시간구간들 동안 상기 N개의 송신 안테나들(30-1,30-2 ..., 30-N)로 전달한다. 상기 시간구간들 각각은 심볼주기(symbol duration)를 나타낸다.

<14> 4개의 송신 안테나들이 사용되는 경우, 상기 부호화기(20)로부터 출력되는 심볼들은 하기의 <수학식 1>과 같은 4*4의 부호화 행렬(encoding matrix)로 나타낼 수 있다.

$$\text{【수학식 1】 } \mathbf{G}_{44} = \begin{pmatrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 \\ -s_2 & s_1 & -s_4 & s_3 \\ -s_3 & s_4 & s_1 & -s_2 \\ -s_4 & -s_3 & s_2 & s_1 \end{pmatrix}$$

<16> 여기서 s_1, s_2, s_3, s_4 는 전송하고자 하는 데이터 심볼들이다. 각 시간구간에서는 각 열의 심볼들이 전송되고, 각 안테나를 통해 각 행의 심볼들이 전송된다. 4개의 시간구간들 동안 한 블럭의 심볼들이 전송되므로, 상기 4개의 시간구간들은 하나의 블럭시간(block duration)으로

언급된다. 상기 부호화 행렬의 각 열들은 상호간에 직교한 특성을 가지는데, 이는 부호화와 복호화를 간단히 하고 최대의 다이버시티 이득을 얻기 위함이다.

<17> 도 2는 종래 기술에 따라 상기 도 1의 송신기로부터 송신된 신호를 수신하는 수신기의 구성을 나타낸 블럭도로서, 도시한 바와 같이 M개의 수신 안테나들(40-1, 40-2, ..., 40-M)과 채널 추정기(Channel Estimator)(50)와 다중채널 심볼 수집기(60)와 복호기(Decoder)(70)로 구성된다.

<18> 상기 도 2를 참조하면, 상기 채널 추정기(50)는 송신 안테나들(30-1 내지 30-4)로부터 수신 안테나들(40-1 내지 40-M)로의 채널 이득들을 나타내는 채널 계수들(channel coefficients)을 추정하며, 상기 다중채널 심볼 수집기(60)는 상기 수신 안테나들(40-1 내지 40-M)에 의해 수신된 심볼들을 수집하여 상기 검출기(70)로 제공한다. 상기 검출기(70)는 상기 수신 신호들에 상기 채널 계수들을 곱하여 구한 추정(hypotheses) 심볼들을 가지고 ML(Maximum Likelihood) 복호에 의해 원하는 심볼들을 검출한다.

<19> 상기 수신기에서의 수신 신호 x 는 하기의 <수학식 2>와 같이 표현된다.

$$<20> \quad \text{【수학식 2】} \quad r_i = \sum_t h_{it} s_{t,i} + w_i$$

<21> 여기서 t 는 심볼시간(symbol duration) 인덱스이며($t=0, 1, \dots$), h_i 는 i 번째 송신 안테나에서 수신기로의 채널 이득을 나타내는 것으로서, 평형 페이딩(flat fading) 하에서 실수 차원 당 0.5의 분산(variance)을 가지는 독립 복소 가우시안 임의 변수(independent complex gaussian random variable)인 것으로 한다. $s_{t,i}$ 는 t 번째 심볼시간에서 i 번째 송신 안테나로 출력되는 심볼을 나타내고, ' w '는 t 번째 심볼시간에서의 잡음으로서 복소 차원(complex

dimension) 당 1/SNR(Signal to Noise Ratio)의 분산을 가지는 독립적인 제로평균 복소 가우시안(zero mean complex gaussian) 특성을 가진다.

<22> 송수신시에 사용되는 심볼들이 PSK(Phase Shift Keying) 심볼들일 때, 상기 심볼들은 성상도(constellation)의 단위원(unit circle) 상에 위치하게 된다. 이는 상기 심볼들의 크기(Amplitude)가 모두 동일함을 의미한다. 그러면 송신된 심볼들의 ML 복호는 가능한 모든 심볼들 중 수신 신호 r 과 채널 이득 h 의 선형 결합(linear combination)에 가장 가까운 심볼들을 찾는 것과 동일하다.

<23> 이상과 같이 STBC를 복호하기 위해서는 채널 이득들에 대한 정보가 필요하다. 그런데 채널 특성이 빠르게 변하는 경우 채널 이득에 대한 정확한 정보를 추정하는 것은 매우 어려우며 채널 특성을 잘못 추정하는 경우에는 STBC의 성능이 심각하게 저하된다. 수신기에서 채널에 대한 특성을 효과적으로 추정하도록 하기 위해서는 송신기에서 트레이닝 시퀀스(training sequence)를 전송하여야 하는데, 이는 송신 효율을 떨어뜨리게 된다.

<24> 이러한 문제를 해소하기 위하여 채널의 특성을 알 필요가 없는 차등(Differential) STBC가 개발되었다.(H. Jafarkhani, Vahid Tarokh, "Multiple Transmit antenna differential Detection from generalized orthogonal designs," IEEE Trans. on Info.. Theory, Vol. 47, pp. 2626-2631, Sep. 2001)

<25> 도 3은 종래 기술에 따른 차등 공간-시간 블럭부호를 사용하는 송신기의 구성을 나타낸 블럭도로서, 도시한 바와 같이 직/병렬 변환기(105)와 곱셈기들(110-1, ..., 110-K)과 결합기(115)와 지연기(120)와 부호화기(125) 및 K개의 송신 안테나들(130-1, 130-2, ..., 130-K)로 구성되어 있다.

<26> 상기 도 3을 참조하면, 상기 직/병렬 변환기(105)는 상기 지연기(120)에 의해 지연된 이전 전송된 심볼 블럭 S_v 를 병렬 변환하여 K개의 이전 심볼들 $S_{v,1}, \dots, S_{v,K}$ 를 출력한다. 상기 곱셈기들(110-1 내지 110-K)은 상기 K개의 이전 심볼들에 실제 전송하고자 하는 정보 심볼들 $P_{v+1,1}, \dots, P_{v+1,K}$ 를 각각 곱하며, 결합기(115)는 상기 곱셈기들(110-1 내지 110-K)의 출력 심볼들을 결합하여 다음 정보 심볼들과 결합하여 수 있도록 상기 지연기(120)로 전달하는 한편 상기 부호화기(125)로 출력한다. 상기 부호화기(125)는 상기 곱셈기들(110-1 내지 110-K)의 출력 심볼들을 가지고 소정 개수의 조합들을 구성하여 해당하는 시간구간들 동안 상기 송신 안테나들(130-1, 130-2 … 130-N)로 전달한다.

<27> 상기 K=4인 경우를 예로 들어 상기 송신기의 동작에 대해 설명하기로 한다. 최초에 상기 송신기는 정보를 가지지 않는 임의의 심볼 블럭 $S_1 = [s_{1,1} \sim s_{1,4}]$ 를 상기 부호화 행렬에 따라 전송한다. 이후 상기 송신기는 마찬가지로 $S_v = [s_{v,1} \sim s_{v,4}]$ 를 상기 부호화 행렬에 따라 전송한다. $v+1$ 시간에 전송하고자 하는 정보 심볼들 $P_{v+1} = (P_{v+1,1} \dots P_{v+1,4})$ 이 입력되면, 전송 심볼 S_{v+1} 은 하기의 <수학식 3>과 같이 정해진다.

$$<28> \quad \text{【수학식 3】} \quad S_{v+1} = \sum_{k=1}^4 P_{v+1,k} V_k(S_v)$$

<29> 즉, $v+1$ 시간에서 전송하고자 하는 정보 심볼들은 이전 v 시간에 전송된 심볼 블럭 $V_k(S_v)$ 의 각 심볼들과 결합되어 전송된다. 여기서 상기 정보 심볼들은 BPSK(Binary Phase Shift Keying)에 의해 생성된 실수이다. 심볼 블럭 $V_k(S_v)$ 에 대해 상기 부호화기(125)로부터 4개의 심볼시간 동안 출력되는 심볼 조합들은 하기의 <수학식 4>와 같다.

$$<30> \quad \text{【수학식 4】} \quad V_1(S_v) = (s_{v,1}, s_{v,2}, s_{v,3}, s_{v,4})^T$$

$$<31> \quad V_2(S_v) = (s_{v,2}, -s_{v,1}, s_{v,4}, -s_{v,3})^T$$

<32> $V_3(S_v) = (s_{v,3}, -s_{v,4}, -s_{v,1}, s_{v,2})^T$

<33> $V_4(S_v) = (s_{v,4}, s_{v,3}, -s_{v,2}, -s_{v,1})^T$

<34> 여기서 T는 전치 행렬을 나타낸다.

<35> 도 4는 종래 기술에 따라 상기 도 3의 송신기로부터 송신된 신호를 수신하는 수신기의 구성을 나타낸 블럭도로서, 도시한 바와 같이 M개의 수신 안테나들(150-1, 150-2, ..., 150-M)과 지연기들(155-1, ..., 155-K)과 곱셈기들(160-1, ..., 160-K)과 심볼 수집기(165)와 검출기(170)로 구성된다.

<36> 상기 도 4를 참조하면, 상기 지연기들(155-1 내지 155-K)은 이전에 한 블럭시간 동안 수신된 신호를 지연시켜 상기 곱셈기들(160-1 내지 160-K)로 출력한다. 상기 심볼 수집기(165)는 송신 안테나들(130-1 내지 130-K)로부터 상기 수신 안테나들(150-1 내지 150-M)로 한 블럭시간 동안 수신된 신호를 상기 곱셈기들(160-1 내지 160-K)로 출력한다. 상기 곱셈기들(160-1 내지 160-K)은 상기 수신 신호에 상기 이전 수신 신호를 곱하여 치환 신호를 구하고, 상기 구해진 치환 신호를 상기 검출기(170)로 제공한다. 상기 검출기(170)는 상기 치환 신호를 가지고 해당하는 변조방식에 따라 정보 시퀀스를 검출한다.

<37> 상기 수신기의 동작을 설명하기 위하여, 상기 <수학식 1>에 나타낸 수신 신호를 복수의 블럭시간들에 대해 확장하면 하기의 <수학식 5>과 같다.

<38> 【수학식 5】 $r_{v,t} = h_1 s_{v,t,1} + h_2 s_{v,t,2} + h_3 s_{v,t,3} + h_4 s_{v,t,4} + w_{v,t}$

<39> 여기서 t는 심볼시간 인덱스이고, v는 블럭시간 인덱스로서, 4개의 송신 안테나들을 사용하는 STBC의 경우 하나의 블럭시간은 4개의 심볼시간으로 이루어진다. $w_{v,t}$ 는 v번째 블럭시

간의 t번째 심볼시간에서의 잡음이다. 4개의 송신 안테나들과 상기 <수학식 1>의 부호화 행렬이 사용되는 경우 상기 <수학식 5>는 다시 하기의 <수학식 6>과 같이 표현된다.

$$<40> \quad \text{【수학식 6】} \quad r_{v,1} = h_1 s_{v,1} + h_2 s_{v,2} + h_3 s_{v,3} + h_4 s_{v,4} + w_{v,1}$$

$$<41> \quad r_{v,2} = -h_1 s_{v,2} + h_2 s_{v,1} - h_3 s_{v,4} + h_4 s_{v,3} + w_{v,2}$$

$$<42> \quad r_{v,3} = -h_1 s_{v,3} + h_2 s_{v,4} + h_3 s_{v,1} - h_4 s_{v,2} + w_{v,3}$$

$$<43> \quad r_{v,4} = -h_1 s_{v,4} - h_2 s_{v,3} + h_3 s_{v,2} + h_4 s_{v,1} + w_{v,4}$$

<44> 상기 <수학식 6>를 정렬하여 수신 신호 조합들을 구성하면 하기의 <수학식 7>과 같다.

$$<45> \quad \text{【수학식 7】} \quad R_v^1 = (r_{v,1}, r_{v,2}, r_{v,3}, r_{v,4}) = (s_{v,1}, s_{v,2}, s_{v,3}, s_{v,4}) H_{\perp} + (w_{v,1}, w_{v,2}, w_{v,3}, w_{v,4})$$

$$<46> \quad R_v^2 = (-r_{v,2}, r_{v,1}, r_{v,4}, -r_{v,3}) = (s_{v,2}, -s_{v,1}, s_{v,4}, -s_{v,3}) H_{\perp} + (-w_{v,2}, w_{v,1}, w_{v,4}, -w_{v,3})$$

$$<47> \quad R_v^3 = (-r_{v,3}, -r_{v,4}, r_{v,1}, r_{v,2}) = (s_{v,3}, -s_{v,4}, -s_{v,1}, s_{v,2}) H_{\perp} + (-w_{v,3}, -w_{v,4}, w_{v,1}, w_{v,2})$$

$$<48> \quad R_v^4 = (-r_{v,4}, r_{v,3}, -r_{v,2}, r_{v,1}) = (s_{v,4}, s_{v,3}, -s_{v,2}, -s_{v,1}) H_{\perp} + (-w_{v,4}, w_{v,3}, -w_{v,2}, w_{v,1})$$

<49> 상기 수신 신호 조합 R_v^i 은 i번째 정보 심볼을 검출하기 위하여 사용된다. 여기서 H_{\perp} 는 채널 특성들을 행렬의 형태로 나타낸 것으로서 상기 <수학식 6>에 의해 하기의 <수학식 8>와 같이 정의된다.

$$<50> \quad H_{\perp} = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 & h_3 & h_4 \\ h_2 & -h_1 & -h_4 & h_3 \\ h_3 & h_4 & -h_1 & -h_2 \\ h_4 & -h_3 & h_2 & -h_1 \end{bmatrix}$$

【수학식 8】

<51> 그러면 v 시간의 수신 신호와 v+1 시간의 수신 신호의 곱, 즉 치환 신호는 하기의 <수학식 9>와 같다.

$$<52> \quad R\{R_{v+1}^n R_v^{nH}\} = R\{S_{v+1}^T H_\perp H_\perp^H (V_n (S_v)^T)^H + W_n\} \\ = \sum_i^4 |h_i|^2 P_{v+1,n} + R\{W_n\}$$

【수학식 9】

<53> 여기서 $R\{.\}$ 은 실수 변환을 의미하고 $(.)^H$ 는 전치 변환(Hermitian transpose)을 나타낸다. 상기 <수학식 9>는 n 번째 정보 심볼 $P_{v+1,n}$ 을 구하기 위한 치환 신호를 나타낸 것이다.

<54> 상기 <수학식 9>에 따르면 정보심볼 $P_{v+1,1} \sim P_{v+1,4}$ 를 제외한 나머지 모든 요소들은 실수이고 잡음에 대한 정보는 알려져 있다. 상기 정보심볼들 각각을 하나의 축으로 하는 4차원 하이퍼 구체(Hyper sphere)상에서, 상기 정보심볼들의 원점으로부터의 거리가 동일한 경우, 수신기는 채널 특성을 나타내는 h 의 값을 모르더라도 정보심볼 $P_{v+1,1} \sim P_{v+1,4}$ 를 검출할 수 있다.

<55> 상기한 송수신 시스템에서는 채널 특성을 모르더라도 복호를 수행할 수 있으나, 사용되는 심볼들이 크기가 동일한 실수 심볼이어야 한다. 따라서 차등 STBC 기술에서는 전송되는 심볼들을 BPSK 심볼들로 제한하고 있다. BPSK 심볼들은 초당 대역폭당 1비트의 정보를 운반한다.(1bit/hz/sec) 그런데 전송되는 심볼들을 소정 개수씩 묶어 PSK 변조 데이터를 전송하는 것이 가능하다. 예를 들어 4개의 심볼들을 2개씩 묶어 각각 16PSK 변조 데이터를 실을 수 있다. 이와 같이 2개의 심볼들이 16PSK 변조 데이터를 전송하는 경우 4개의 시간구간들 동안 2개의 16PSK 심볼들이 전송되므로, 초당 대역폭당 2비트의 정보를 운반할 수 있게 된다.(2bit/hz/sec)

<56> 알려진 바와 같이 M-차 QAM(Quadrature Amplitude Modulation)은 M-차 PSK에 비해 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio: SNR) 측면에서 효율적이다. 상기한 종래 기술에 따른 차등 STBC 시스템에서는 2비트 이상의 정보를 운반하는 경우에도 여전히 PSK가 사용되어야 한다. 따라서 QAM의 사용에 따른 성능 향상을 얻을 수 없다는 문제점이 있었다. 구체적인 예를 들어,

64QAM 대신에 64PSK를 사용하는 경우 SNR의 저하는 9.95dB에 달하며 이는 무선통신 시스템에서 치명적인 영향으로 작용한다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<57> 따라서 상기한 바와 같이 동작되는 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 창안된 본 발명은, 송신 안테나 다이버시티 시스템에서 채널의 전력을 이용한 차등 공간-시간 블럭 부호의 복호 방법을 제공한다.

<58> 본 발명은 송신 안테나 다이버시티 시스템에서 채널의 변화 및 추정 정확도에 덜 민감하면서 동시에 신호대 잡음비의 손실이 적은 복호 방법을 제공한다.

<59> 본 발명의 실시예는, 무선통신 시스템에서 차등 공간-시간 블럭 부호에 의해 정보 심볼들을 부호화하여 송신 다이버시티를 위한 복수의 송신 안테나들을 통해 전송하는 방법에 있어서,

<60> 한 블럭의 정보 심볼들을 입력받는 과정과,

<61> 상기 정보 심볼들에 이전 전송된 한 블럭의 전송 심볼들을 곱하고, 상기 이전 전송된 전송 심볼들의 크기로 정해지는 정규화 값으로 나누어 정규화된 심볼들을 생성하는 과정과,

<62> 상기 정규화된 심볼들이 각 안테나와 각 시간구간에서 한번씩 전송되도록 상기 정규화된 심볼들을 복수의 조합들로 구성하고, 상기 조합들을 해당하는 복수의 심볼시간들 동안 상기 송신 안테나들을 통해 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

<63> 본 발명의 다른 실시예는, 무선통신 시스템에서 차등 공간-시간 블럭 부호에 의해 부호화되어 전송되는 정보 심볼들을 수신하여 복호하는 방법에 있어서,

<64> 다수의 송신 안테나들로부터 수신기로 하나의 블럭시간을 동안 수신된 신호를 수집하는 과정과,

<65> 상기 수신 신호에 이전 블럭시간 동안 수신된 신호를 곱하여 치환 신호를 구하는 과정과 ,

<66> 상기 다수의 송신 안테나들로부터 수신기로의 채널에 대한 채널 전력을 추정하고, 상기 추정된 채널 전력을 이전 수신한 심볼들의 크기로 정해지는 정규화 값으로 정규화하는 과정과,

<67> 상기 치환 신호를 상기 정규화된 채널 전력으로 나누어 정보 심볼들을 구하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

【발명의 구성 및 작용】

<68> 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

<69> 후술되는 본 발명에서는 송신 다이버시티 시스템에서 차등 공간-시간 블럭 부호(differential Space-Time Block Code)를 복호함에 있어서 채널의 추정된 전력만을 이용함으로 인해 트레이닝 시퀀스를 필요로 하지 않으며 채널의 변화에 강하면서 신호대 잡음비(SNR)의 손실이 적은 부분 코히런트(partially coherent) 공간-시간 블럭 부호의 복호 방법을 제공한다.

이러한 본 발명은 다차원 하이퍼 구체(hyper sphere) 상에서 원점으로부터의 거리가 서로 다른 심볼들을 전송할 수 있게 된다.

<70> 도 5는 본 발명에 따라 차등 공간-시간 블럭 부호를 사용하는 송신기의 구성을 나타낸 블럭도로서, 도시한 바와 같이 직/병렬 변환기(205)와 곱셈기들(210-1, ..., 210-K)과 결합기(215)와 지연기(220)와 정규화기(225)와 부호화기(230) 및 K개의 송신 안테나들(235-1, 235-2, ..., 235-K)로 구성되어 있다.

<71> 상기 도 5를 참조하면, 상기 직/병렬 변환기(205)는 상기 지연기(220)에 의해 지연된 이전 전송된 심볼 블럭 S_v 를 병렬 변환하여 이전 심볼들 $S_{v,1}, \dots, S_{v,K}$ 를 출력한다. 상기 곱셈기들(210-1 내지 210-K)은 상기 K개의 이전 심볼들에 실제 전송하고자 하는 정보 심볼들 $P_{v+1,1}, \dots, P_{v+1,K}$ 를 각각 곱하며, 상기 결합기(215)는 상기 곱셈기들(210-1 내지 210-K)의 출력 심볼들을 결합하여 다음 정보 심볼들과 곱해질 수 있도록 상기 지연기(120)로 전달하는 한편 상기 정규화기(225)로 출력한다. 여기서 상기 결합기(215)는 상기 정보 심볼들이 소정 개수씩 그룹을 지어 PSK 또는 QAM 변조 데이터를 전송하는 경우에 사용되는 것으로서 선택적으로 포함되는 것이다.

<72> 상기 정규화기(225)는 상기 결합된 심볼들에 이전 심볼 블럭의 크기의 역 $1/|S_v|$ 으로 정해지는 정규화 값을 곱하며, 상기 부호화기(230)는 상기 제2 정규화기(225)의 출력을 가지고 미리 정해진 송신 부호화 행렬에 따라 소정 개수의 조합들을 구성하여 해당하는 시간구간들 동안 상기 송신 안테나들(235-1 내지 235-N)로 전달한다.

<73> 4개의 송신 안테나들과 상기 <수학식 1>의 부호화 행렬을 예로 들어 상기 송신기의 동작을 설명하기로 한다. 최초에 상기 송신기는 정보를 가지지 않는 임의의 심볼 블럭 $S_1 = [s_{1,1}$

s_{v+1} 를 상기 부호화 행렬에 따라 전송한다. $v+1$ 시간에 전송하고자 하는 정보 심볼들 $P_{v+1} = [P_{v+1,1} \dots P_{v+1,4}]$ 이 입력되면, 전송 심볼 S_{v+1} 은 하기의 <수학식 10>과 같다.

$$\begin{aligned} &<74> \\ &S_{v+1} = \sum_{k=1}^4 P_{v+1,k} \frac{V_k(S_v)}{|S_v|} \\ &\text{【수학식 10】} \quad = \sum_{k=1}^4 \frac{P_{v+1,k} V_k(S_v)}{\sqrt{|s_{v,1}|^2 + |s_{v,2}|^2 + |s_{v,3}|^2 + |s_{v,4}|^2}} \end{aligned}$$

<75> 즉 정보 심볼들은 이전 시간에 전송된 심볼 블럭 $V_k(S_v)$ 과 곱해진 후 정규화된 형태로 전송된다. 여기서 v 번째 블럭시간의 k 번째 심볼시간에 전송되는 심볼 블럭 $V_k(S_v)$ 는 하기의 <수학식 11>과 같다.

$$<76> \quad \text{【수학식 11】} \quad V_1(S_v) = (s_{v,1}, s_{v,2}, s_{v,3}, s_{v,4})^T$$

$$<77> \quad V_2(S_v) = (s_{v,2}, -s_{v,1}, s_{v,4}, -s_{v,3})^T$$

$$<78> \quad V_3(S_v) = (s_{v,3}, -s_{v,4}, -s_{v,1}, s_{v,2})^T$$

$$<79> \quad V_4(S_v) = (s_{v,4}, s_{v,3}, -s_{v,2}, -s_{v,1})^T$$

<80> 송신기에서 전송 심볼 블럭을 이전 심볼 블럭의 크기 $|S_v|$ 로 정규화하는 것은 전송 심볼들의 전력 변화로 인하여 수신기에서의 검출 성능이 저하되는 것을 방지하기 위함이다.

<81> 도 6은 본 발명에 따라 상기 도 5의 송신기로부터 송신된 신호를 수신하는 수신기의 구성을 나타낸 블럭도로서, 도시한 바와 같이 M 개의 수신 안테나들(305-1, 305-2, ..., 305-M)과 지연기들(310-1, ..., 310-K)과 곱셈기들(315-1, ..., 315-K)과 심볼 수집기(320)와 제산기들(dividers)(325-1, ..., 325-K)과 전력 추정기(Power Estimator)(330)와 정규화기(335)와 검출기(340)로 구성된다.

<82> 상기 도 6을 참조하면, 상기 지연기들(310-1 내지 310-K)은 이전에 한 블럭시간 동안 수신된 신호를 지연시켜 상기 곱셈기들(315-1 내지 315-K)로 출력한다. 상기 심볼 수집기(320)는 K개의 송신 안테나들(235-1 내지 235-K)로부터 상기 수신 안테나들(305-1 내지 305-M)로 하나의 블럭시간 동안 수신된 신호를 상기 곱셈기들(315-1 내지 315-K)로 출력한다. 여기서 상기 블럭시간은 K개의 심볼시간들로 이루어진다. 상기 곱셈기들(315-1 내지 315-K)은 상기 수신 신호에 상기 이전 수신 신호를 곱하여 치환 신호를 출력한다.

<83> 한편 상기 전력 추정기(330)는 상기 수신 신호를 가지고 상기 K개의 송신 안테나들(235-1 내지 235-K)로부터 상기 수신 안테나들(305-1 내지 305-M)로의 채널 특성들 각각을 나타내는 채널 이득들을 구하는 것이 아니라 채널들 전체의 전력을 구한다. 그러면 상기 정규화 기(335)는 상기 채널 전력에 이전 수신 전력의 크기로 정해지는 정규화 값을 곱하며, 상기 제산기들(325-1 내지 325-K)은 상기 치환 신호를 상기 정규화된 채널 전력으로 나누어 정보 심볼들을 검출한다. 상기 검출기(340)는 상기 검출된 정보 심볼들을 가지고 해당하는 변조방식에 따라 정보 시퀀스를 검출한다.

<84> 이상과 같이 수신기는 추정된 채널 전력을 가지고 수신 신호로부터 채널 특성에 의한 영향을 제거함으로써, 정보 심볼들의 크기가 서로 다른 경우에도 신뢰성 있는 복호를 가능하게 한다. 실제로 송신 안테나들로부터 수신기로의 채널 전력은 하기의 <수학식 12>와 같이 표현 될 수 있다.

<85> 【수학식 12】 $h_1h_1^* + h_2h_2^* + \dots + h_Kh_K^*$

<86> 여기서 h_k 는 k번째 송신 안테나로부터 수신기로의 채널 이득들을 각각 나타낸다. h_k 는 독립 복소 가우시안 임의 변수(Independent complex gaussian random variable)이기 때문에 상기

채널 전력은 자유도(degree of freedom)가 $2K$ 인 카이 스퀘어 분포(Chi Square distribution)를 따른다. 그러면 상기 채널 추정기(330)는 하기의 <수학식 13>과 같이 수신 신호의 자기상관(auto correlation)을 통해 채널 전력의 추정치를 구할 수 있다.

<87>

$$\hat{P}_B = E\{r_{v+1,i}^* r_{v+1,i}\} = \sum_{i=1}^4 |h_i|^2 + \sigma_w^2$$

<88>

앞서 언급한 바와 같이 v 는 블럭시간 인덱스이고 i 는 송신 안테나 인덱스이므로, $r_{v+1,i}$ 는 $v+1$ 번째 블럭시간에서 i 번째로 수신된 신호를 의미한다. 마찬가지로 h_i 는 i 번째 송신 안테나로부터의 채널 이득을 의미하고, σ_w^2 는 잡음의 분산이다.

<89>

다른 경우 실험에 의한 자기상관(empirical auto correlation)에 의해, 채널 전력은 하기의 <수학식 14>을 이용하여 구해진다.

<90>

$$\hat{P}_B = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^4 r_{v+j-\frac{L}{2}, i}^* r_{v+j-\frac{L}{2}, i}$$

<91>

여기서 L 은 채널 전력의 추정에 사용되는 심볼들의 개수, 즉 심볼시간의 길이를 나타내는 것으로서, 상기 <수학식 14>는 상기 <수학식 13>과는 달리 한 블럭이 아닌 소정 심볼시간들 동안의 수신 신호를 사용하여 채널 전력을 보다 정확하게 추정한다.

<92>

$v+1$ 시간의 정보 심볼들 $P_{v+1,1} \sim P_{v+1,4}$ 는 v 시간에서의 수신 신호와 $v+1$ 시간에서의 수신 신호에 의하여 구해진다. 보다 상세히 설명하면, 수신 신호는 앞서 언급한 <수학식 6>과 같이 나타내어지며, 이는 상기 심볼 수집기(320)에 의해 <수학식 7>과 같은 수신 신호 조합들의 형태로 구성된다. 앞서와 마찬가지로 잡음에 대한 정보는 알려져 있는 것으로 한다.

<93> 정보 심볼들을 검출하기 위하여, 곱셈기들(315-1 내지 315-K)은 상기 지연기들(310-1 내지 310-K)로부터 제공된 이전의 수신 신호에, 상기 심볼 수집기(320)로부터의 현재 수신 신호를 곱하여 치환 신호를 구한다. 상기 치환 신호는 하기의 <수학식 15>와 같이 표현된다.

$$<94> \quad \text{【수학식 15】} \quad R\{R_{v+1}^n R_v^{nH}\} = \sum_{i=1}^4 |h_i|^2 \sqrt{\sum_{i=1}^4 |s_{v,i}|^2} P_{v+1,n} + R\{W_n\}$$

<95> 여기서 $R\{.\}$ 은 실수 변환을 의미하고 $(.)^H$ 는 헤미시안(Hermitian) 전치연산을 나타낸다. 상기 <수학식 15>는 n 번째 정보 심볼 $P_{v+1,n}$ 을 구하기 위한 치환 신호를 나타낸 것이다.

<96> 상기 제곱근 항은 채널 변화에 대응하기 위해 사용된 정규화 값으로서, 이전 수신 신호의 자기 상관과 채널 전력의 추정치를 이용하거나 이전 수신 신호 자체를 이용하여 구해진다. 이전 수신 신호의 자기 상관 값은 하기의 <수학식 16>과 같다.

$$<97> \quad \text{【수학식 16】} \quad R\{R_v^n R_v^{nH}\} = \left(\sum_{i=1}^4 |h_i|^2 \right) \left(\sum_{i=1}^4 |s_{v,i}|^2 \right) + R\{W_n\}$$

<98> 즉, 상기 정규화 값은 상기 <수학식 16>을 상기 채널 전력으로 나누어 제곱근을 취함으로써 구해진다. 그러면 상기 정규화기(335)는 상기 채널 전력에 상기 정규화 값을 곱하여 정규화된 채널 전력을 출력하며, 상기 제산기들(325-1 내지 325-K)은 상기 <수학식 15>와 같이 표현되는 상기 곱셈기들(315-1 내지 315-K)의 출력들을, 상기 정규화된 채널 전력으로 나누어 정보 심볼들 $P_{v+1,1}$ 을 출력한다. 상기 검출기(340)는 상기 정보 심볼들을 가지고 해당하는 변조 방식에 따라 정보 시퀀스를 복원한다.

<99> 이상과 같은 본 발명은 정보 심볼들이 원점으로부터의 거리가 서로 다른 경우에도 용이하게 검출할 수 있다. 예를 들어, $P_1 \sim P_4$ 를 통해 2개의 QAM 변조 데이터가 전송되었다면 상기 검출기(340)는 2개의 QAM 복조기들로 구성되어 상기 2개의 QAM 변조 데이터를 가지고 정보 시

퀀스를 복원한다. 이와 같이 QAM을 사용하게 되면 PSK를 사용하는 경우에 비하여 SNR의 손실을 최소화시킬 수 있으며, 정보 심볼들의 복호를 위한 수신기 구조가 간단하고 다양한 변조방식을 사용할 수 있게 된다.

<100> 도 7은 본 발명에 따라 채널 전력을 추정을 위한 심볼들의 개수 L의 값들에 따른 비트 에너지대 잡음비(bit energy to noise: Eb/No)에 대한 심볼 에러율들(Symbol Error Rates: SERs)을 나타낸 것이다. 참조 번호 410은 정확한 채널 전력이 알려져 있는 이상적인 경우의 성능을 나타낸 것이고, 참조 번호들 420 내지 450은 각각 L의 값이 100, 50, 25, 10인 경우에 추정된 채널 전력을 이용한 성능을 나타낸 것이다. 도시한 바와 같이 L의 길이가 충분한 경우의 성능은 이상적인 경우의 성능과 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

<101> 본 발명에 따른 성능을 분석하기 위해, 4개의 정보 심볼들 중 P_1, P_2 를 묶어 1개의 16PSK 변조 데이터를 전송하고, P_3, P_4 를 묶어 1개의 16PSK 변조 데이터를 전송하는 종래의 경우(이하 제1 경우라 함)와, 본 발명에 따라 16QAM 변조 데이터를 전송하는 경우(이하 제2 경우라 함)를 비교하기로 한다. 여기에서는 비교의 공정성을 도모하기 위해 본 발명에 따라 채널 전력을 추정하는 경우 트레이닝 시퀀스를 사용하지 않는 <수학식 14>를 사용하였다.

<102> 도 8은 종래 기술에 따른 제1 경우와 본 발명에 따른 제2 경우, 비트 에너지대 잡음비 (Eb/No)에 대한 심볼 에러율들을 비교한 것이다. 참조 번호 560은 정확한 채널 전력이 알려져 있는 경우 본 발명에 따라 16QAM 변조 데이터를 복호하는 경우의 성능이고, 참조 번호 550은 추정된 채널 전력을 사용하여 16QAM 변조 데이터를 복호하는 경우의 성능이고, 참조 번호 540은 종래 기술에 따른 차등 STBC를 사용하여 16PSK 변조 데이터를 복호하는 경우의 성능이고,

참조 번호 530은 정확한 채널 전력을 사용하여 64QAM 변조 데이터를 복호하는 경우의 성능이고, 참조 번호 520은 추정된 채널 전력을 사용하여 64QAM 변조 데이터를 복호하는 경우의 성능이고 참조 번호 510은 종래 기술에 따른 차등 STBC를 사용하여 64PSK 변조 데이터를 복호하는 경우의 성능을 나타낸 것이다.

<103> 도시한 바와 같이 본 발명은 동일한 심볼 에러율(SER)에서 6.2dB의 전력 이득을 얻을 수 있으며, 이는 동일한 심볼 에러율을 달성함에 있어서 6.2dB의 전력을 절감할 수 있음을 의미한다. 즉, 채널 전력의 추정으로 인한 성능 저하가 무시할 수 있을 정도의 수준임을 알 수 있다.

<104> 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되지 않으며, 후술되는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

【발명의 효과】

<105> 이상에서 상세히 설명한 바와 같이 동작하는 본 발명에 있어서, 개시되는 발명중 대표적인 것에 의하여 얻어지는 효과를 간단히 설명하면 다음과 같다.

<106> 본 발명은, 고속 페이딩에 강한(robust) 송/수신이 가능하며, 채널 추정을 위한 트레이닝 시퀀스를 필요로 하지 않고, 원점에서 거리가 서로 다른 변조 심볼들을 송신할 수 있으므로 신호대 잡음비의 이득을 얻을 수 있다는 효과가 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

무선통신 시스템에서 차등 공간-시간 블럭 부호에 의해 정보 심볼들을 부호화하여 송신 다이버시티를 위한 복수의 송신 안테나들을 통해 전송하는 방법에 있어서,

한 블럭의 정보 심볼들을 입력받는 과정과,

상기 정보 심볼들에 이전 전송된 한 블럭의 전송 심볼들을 곱하고, 상기 이전 전송된 전송 심볼들의 크기로 정해지는 정규화 값으로 나누어 정규화된 심볼들을 생성하는 과정과,

상기 정규화된 심볼들이 각 안테나와 각 시간구간에서 한번씩 전송되도록 상기 정규화된 심볼들을 복수의 조합들로 구성하고, 상기 조합들을 해당하는 복수의 심볼시간들 동안 상기 송신 안테나들을 통해 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서, 상기 정규화된 심볼들은 하기의 수학식과 같이 생성되는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

$$S_{v+1} = \sum_{k=1}^K P_{v+1,k} \frac{V_k(S_v)}{|S_v|}$$

여기서 S_{v+1} 은 $v+1$ 번째 블럭시간에서 전송되는 심볼 블럭이고, S_v 는 v 번째 블럭시간에서 전송된 심볼 블럭이고, $P_{v+1,k}$ 는 $v+1$ 번째 블럭시간에서 k 번째로 전송되는 정보 심볼이며, K 는 상기 정보 심볼들의 개수이고, $V_k(S_v)$ 는 심볼 블럭 S_v 에서 k 번째로 전송되는 심볼 조합임.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서, 상기 정규화 값은 하기의 수학식과 같이 정해지는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

$$|S_v| = \sqrt{|s_{v,1}|^2 + |s_{v,2}|^2 + |s_{v,3}|^2 + |s_{v,4}|^2}$$

여기서 $|S_v|$ 는 상기 이전 정규화 값이고, S_v 는 이전 블럭시간에서 전송된 심볼 블럭으로서 $[s_{v,1}, s_{v,2}, s_{v,3}, s_{v,4}]$ 로 구성됨.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서, 상기 정보 심볼들은 실수이고, 소정 개수씩 묶여 PSK 또는 QAM 데이터를 운반하는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

【청구항 5】

무선통신 시스템에서 차등 공간-시간 블럭 부호에 의해 부호화되어 전송되는 정보 심볼들을 수신하여 복호하는 방법에 있어서,

다수의 송신 안테나들로부터 수신 안테나로 하나의 블럭시간들 동안 수신된 신호를 수집하는 과정과,

상기 수신 신호에 이전 블럭시간 동안 수신된 신호를 곱하여 치환 신호를 구하는 과정과,

상기 다수의 송신 안테나들로부터 수신 안테나로의 채널에 대한 채널 전력을 추정하고, 상기 추정된 채널 전력을 이전 수신한 심볼들의 크기로 정해지는 정규화 값으로 정규화하는 과정과,

상기 치환 신호를 상기 정규화된 채널 전력으로 나누어 정보 심볼들을 구하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

【청구항 6】

제 5 항에 있어서, 상기 정보 심볼들은 하기의 수학식에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

$$P_{v+1,n} = \frac{R\{R_{v+1}^n R_v^{nH}\} - R\{W_n\}}{\hat{P}_B |S_v|}$$

여기서 $P_{v+1,n}$ 은 현재 블럭시간($v+1$)의 n 번째 정보 심볼이며, $R\{.\}$ 은 실수 변환을 의미하고 R_{v+1}^n 과 R_v^{nH} 은 각각 현재($v+1$)와 이전(v) 블럭시간 동안의 수신 신호를 가지고 n 번째 심볼을 구하기 위해 구성된 수신 신호 조합들이고, $(.)^H$ 는 헤미시안(Hermitian) 전치연산을 나타내고, W_n 은 n 번째 심볼시간의 잡음이고, \hat{P}_B 는 상기 추정된 채널 전력이고, $|S_v|$ 는 상기 정규화 값임.

【청구항 7】

제 6 항에 있어서, 상기 채널 전력은 하기의 수학식에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

$$\hat{P}_B = E\{r_{v+1,i}^*, r_{v+1,i}\} - \sigma_w^2$$

여기서 $r_{v+1,i}$ 는 $v+1$ 번째 블럭시간의 i 번째 심볼시간에 수신된 신호를 나타내고, σ_w^2 는 잡음의 분산을 나타냄.

【청구항 8】

제 6 항에 있어서, 상기 채널 전력은 하기의 수학식에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

$$\hat{P}_B = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^4 r_{v+j-\frac{L}{2},i}^* r_{v+j-\frac{L}{2},i}$$

여기서 $r_{v+1,i}$ 는 $v+1$ 번째 블럭시간의 i 번째 심볼시간에 수신된 신호를 나타내고, σ_w^2 는 잡음의 분산을 나타내고, L 은 채널 전력의 추정에 사용되는 심볼시간들의 길이임.

【청구항 9】

제 6 항에 있어서, 상기 정규화 값은 하기의 수학식에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

$$|S_v| = \sqrt{|s_{v,1}|^2 + |s_{v,2}|^2 + |s_{v,3}|^2 + |s_{v,4}|^2}$$

여기서 $|S_v|$ 는 이전($v+1$) 수신한 심볼들의 크기로 정해지는 정규화 값이고, S_v 는 이전 블럭시간에서 수신된 심볼 블럭으로서 $[s_{v,1}, s_{v,2}, s_{v,3}, s_{v,4}]$ 로 구성됨.

【청구항 10】

제 6 항에 있어서, 상기 정규화 값은 이전 수신 신호의 자기 상관 값을 상기 추정된 채널 전력으로 나누어 제곱근을 취함으로써 구해지는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

【청구항 11】

제 10 항에 있어서, 상기 정규화 값은 하기의 수학식에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

$$|s_v| = \sqrt{\frac{R\{R_v^n R_v^{nH}\} - R\{W_n\}}{\hat{P}_B}}$$

여기서 $|s_v|$ 는 상기 정규화 값이고, s_v 는 이전(v) 수신된 심볼 블럭으로서 $[s_{v,1}, s_{v,2}, s_{v,3}, s_{v,4}]$ 로 구성되고, $R\{.\}$ 은 실수 변환을 의미하고 R_v^n 은 이전(v) 수신 신호를 가지고 n번째 정보 심볼을 구하기 위해 구성된 수신 신호 조합들이고, $(.)^H$ 는 헤미시안(Hermitian) 전치연산을 나타내고, W_n 은 n번째 심볼시간의 잡음이고, \hat{P}_B 는 상기 추정된 채널 전력임.

【청구항 12】

제 6 항에 있어서, 상기 정보 심볼들은 실수이고, 소정 개수씩 묶여 PSK 또는 QAM 데이터를 운반하는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

【청구항 13】

무선통신 시스템에서 차등 공간-시간 블럭 부호에 의해 정보 심볼들을 부호화하여 송신 다이버시티를 위한 복수의 송신 안테나들을 통해 전송하는 송신기에 있어서,

이전 전송된 한 블럭의 전송 심볼들을 자연시키는 지연기 그룹과,
 상기 이전 전송 심볼들을 수집하여 병렬 변환하는 직/병렬 변환기와,
 상기 병렬 변환된 이전 전송 심볼들에 정보 심볼들을 곱하는 곱셈기 그룹과,
 상기 곱셈기 그룹의 출력들을, 상기 이전 전송된 전송 심볼들의 크기로 정해지는 정규화
 값으로 나누어 정규화된 심볼들을 출력하는 정규화기와,
 상기 정규화된 심볼들이 각 안테나와 각 시간구간에서 한번씩 전송되도록 상기 정규화된
 심볼들을 복수의 조합들로 구성하고, 상기 조합들을 해당하는 복수의 심볼시간들 동안 상기 송
 신 안테나들을 통해 전송하는 부호화기를 포함하는 것을 특징으로 하는 상기 송신기.

【청구항 14】

제 13 항에 있어서, 상기 정규화된 심볼들은 하기의 수학식과 같이 생성되는 것을 특징
 으로 하는 상기 송신기.

$$S_{v+1} = \sum_{k=1}^K P_{v+1,k} \frac{V_k(S_v)}{|S_v|}$$

여기서 S_{v+1} 은 $v+1$ 번째 블럭시간에서 전송되는 심볼 블럭이고, S_v 는 v 번째 블럭시간에서
 전송된 심볼 블럭이고, $P_{v+1,k}$ 는 $v+1$ 번째 블럭시간에서 k 번째로 전송되는 정보 심볼이며, K 는
 상기 정보 심볼들의 개수이고, $V_k(S_v)$ 는 심볼 블럭 S_v 에서 k 번째로 전송되는 심볼 조합임.

【청구항 15】

제 13 항에 있어서, 상기 정규화 값은 하기의 수학식과 같이 정해지는 것을 특징으로 하
 는 상기 송신기.

$$|S_v| = \sqrt{|s_{v,1}|^2 + |s_{v,2}|^2 + |s_{v,3}|^2 + |s_{v,4}|^2}$$

여기서 $|S_v|$ 는 상기 이전 정규화 값이고, S_v 는 이전 블럭시간에서 전송된 심볼 블럭으로서 $[s_{v,1}, s_{v,2}, s_{v,3}, s_{v,4}]$ 로 구성됨.

【청구항 16】

제 13 항에 있어서, 상기 정보 심볼들은 실수이고, 소정 개수씩 묶여 PSK 또는 QAM 데이터를 운반하는 것을 특징으로 하는 상기 송신기.

【청구항 17】

무선통신 시스템에서 차등 공간-시간 블럭 부호에 의해 부호화되어 전송되는 정보 심볼들을 수신하여 복호하는 수신기에 있어서,

이전 블럭시간 동안 수신된 신호를 지연시키는 지연기 그룹과,
다수의 송신 안테나들로부터 하나의 블럭시간들 동안 수신된 신호를 수집하는 심볼 수집기와,

상기 수신 신호에 상기 이전 수신 신호를 곱하여 치환 신호를 출력하는 곱셈기 그룹과,
상기 수신 신호를 가지고 상기 다수의 송신 안테나들로부터 수신기로의 채널에 대한 채널 전력을 추정하는 전력 추정기와,

상기 추정된 채널 전력에 이전 수신한 심볼들의 크기로 정해지는 정규화 값을 곱하여 정규화된 채널 전력을 출력하는 정규화기와,

상기 곱셈기 그룹의 출력을 상기 정규화된 채널 전력으로 나누어 정보 심볼들을 구하는 제산기와,

상기 정보 심볼들을 가지고 정보 시퀀스를 복원하는 검출기를 포함하는 것을 특징으로 하는 상기 수신기.

【청구항 18】

제 17 항에 있어서, 상기 정보 심볼들은 하기의 수학식에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 상기 수신기.

$$P_{v+1,n} = \frac{R\{R_{v+1}^n R_v^{nH}\} - R\{W_n\}}{\hat{P}_B |S_v|}$$

여기서 $P_{v+1,n}$ 은 현재 블럭시간($v+1$)의 n 번째 정보 심볼이며, $R\{.\}$ 은 실수 변환을 의미하고 R_{v+1}^n 과 R_v^n 은 각각 현재($v+1$)와 이전(v) 블럭시간 동안의 수신 신호를 가지고 n 번째 심볼을 구하기 위해 구성된 수신 신호 조합들이고, $(.)^H$ 는 헤미시안(Hermitian) 전치연산을 나타내고, W_n 은 n 번째 심볼시간의 잡음이고, \hat{P}_B 는 상기 추정된 채널 전력이고, $|S_v|$ 는 상기 정규화 값임.

【청구항 19】

제 18 항에 있어서, 상기 채널 전력은 하기의 수학식에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 상기 수신기.

$$\hat{P}_B = E\{r_{v+1,i}^* r_{v+1,i}\} - \sigma_w^2$$

여기서 $r_{v+1,i}$ 는 $v+1$ 번째 블럭시간의 i 번째 심볼시간에 수신된 신호를 나타내고, σ^2 는 잡음의 분산을 나타냄.

【청구항 20】

제 18 항에 있어서, 상기 채널 전력은 하기의 수학식에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 상기 수신기.

$$\hat{P}_B = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^4 r_{v+j-\frac{L}{2},i}^* r_{v+j-\frac{L}{2},i}$$

여기서 $r_{v+1,i}$ 는 $v+1$ 번째 블럭시간의 i 번째 심볼시간에 수신된 신호를 나타내고, σ^2 는 잡음의 분산을 나타내고, L 은 채널 전력의 추정에 사용되는 심볼시간들의 길이임.

【청구항 21】

제 18 항에 있어서, 상기 정규화 값은 하기의 수학식에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 상기 수신기.

$$|S_v| = \sqrt{|s_{v,1}|^2 + |s_{v,2}|^2 + |s_{v,3}|^2 + |s_{v,4}|^2}$$

여기서 $|S_v|$ 는 이전($v+1$) 수신한 심볼들의 크기로 정해지는 정규화 값이고, S_v 는 이전 블럭시간에서 수신된 심볼 블럭으로서 $[s_{v,1}, s_{v,2}, s_{v,3}, s_{v,4}]$ 로 구성됨.

【청구항 22】

제 18 항에 있어서, 상기 정규화 값은 이전 수신 신호의 자기 상관 값을 상기 추정된 채널 전력으로 나누어 제곱근을 취함으로써 구해지는 것을 특징으로 하는 상기 수신기.

【청구항 23】

제 22 항에 있어서, 상기 정규화 값은 하기의 수학식에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 상기 수신기.

$$|s_v| = \sqrt{\frac{R\{R_v^n R_v^{nH}\} - R\{W_n\}}{P_B}}$$

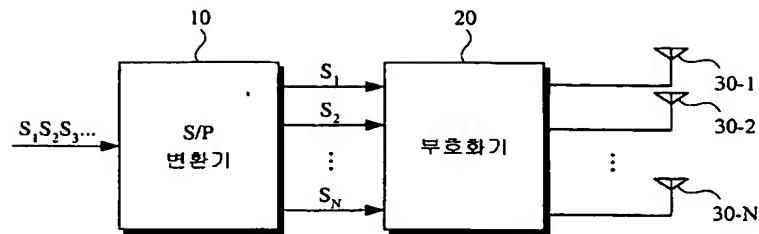
여기서 $|s_v|$ 는 상기 정규화 값이고, s_v 는 이전(v) 수신된 심볼 블럭으로서 $[s_{v,1}, s_{v,2}, s_{v,3}, s_{v,4}]$ 로 구성되고, $R\{.\}$ 은 실수 변환을 의미하고 R_v^n 은 이전(v) 수신 신호를 가지고 n번째 정보 심볼을 구하기 위해 구성된 수신 신호 조합들이고, $(.)^H$ 는 헤미시안(Hermitian) 전치연산을 나타내고, W_n 은 n번째 심볼시간의 잡음이고, $\hat{P_B}$ 는 상기 추정된 채널 전력임.

【청구항 24】

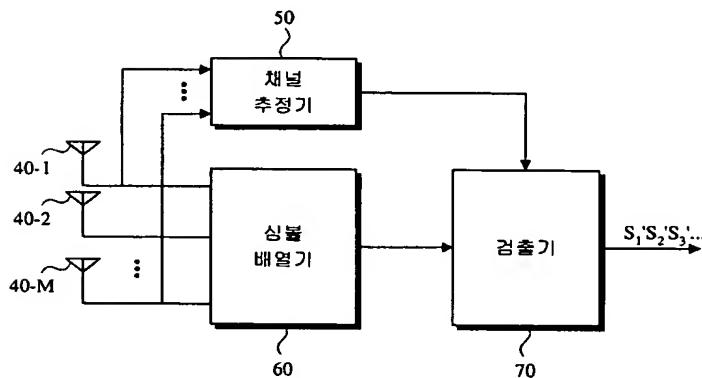
제 18 항에 있어서, 상기 정보 심볼들은 실수이고, 소정 개수씩 묶여 PSK 또는 QAM 데이터를 운반하는 것을 특징으로 하는 상기 수신기.

【도면】

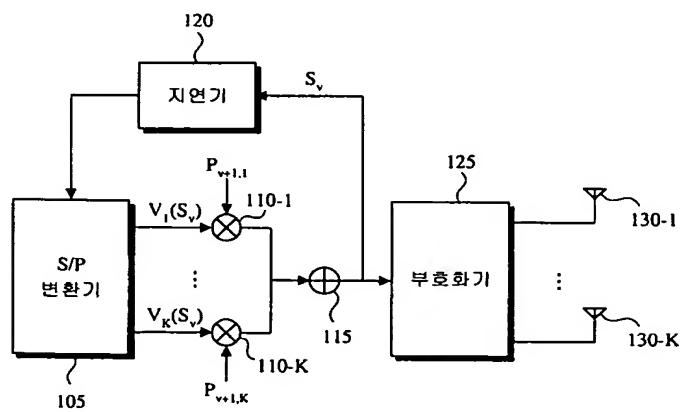
【도 1】



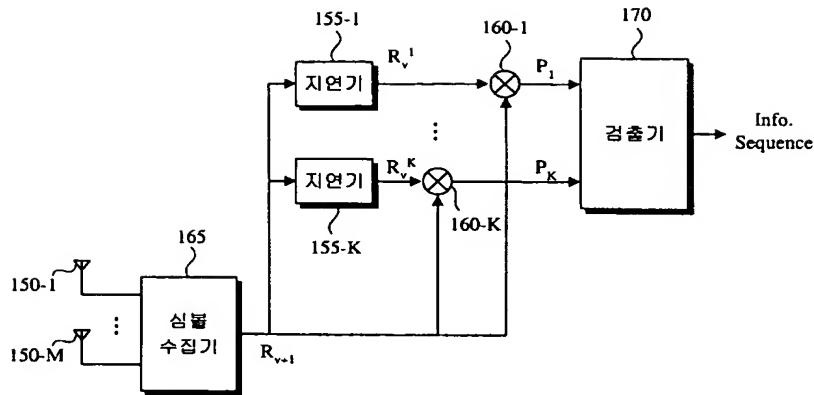
【도 2】



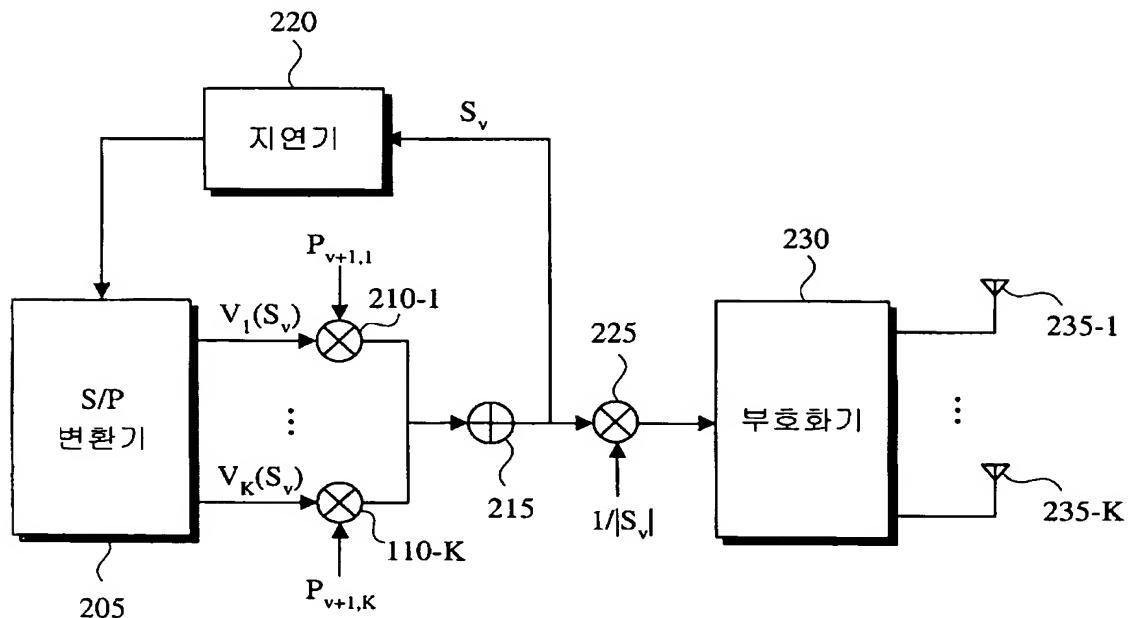
【도 3】



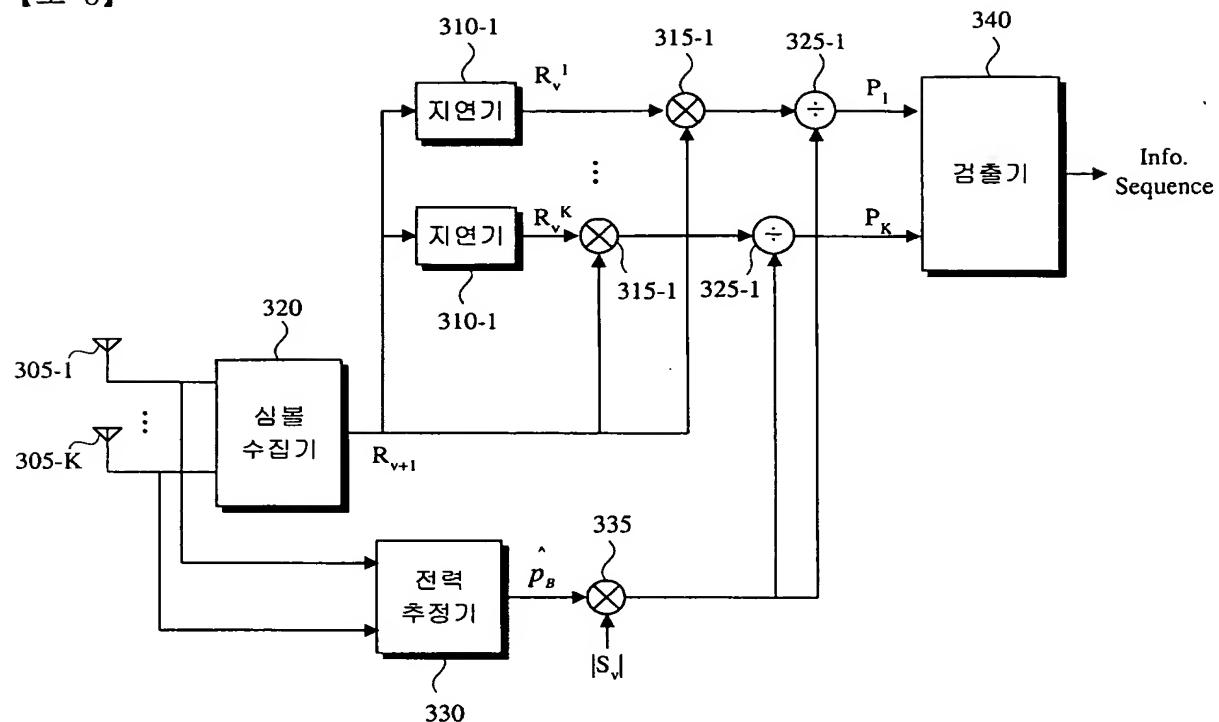
【도 4】



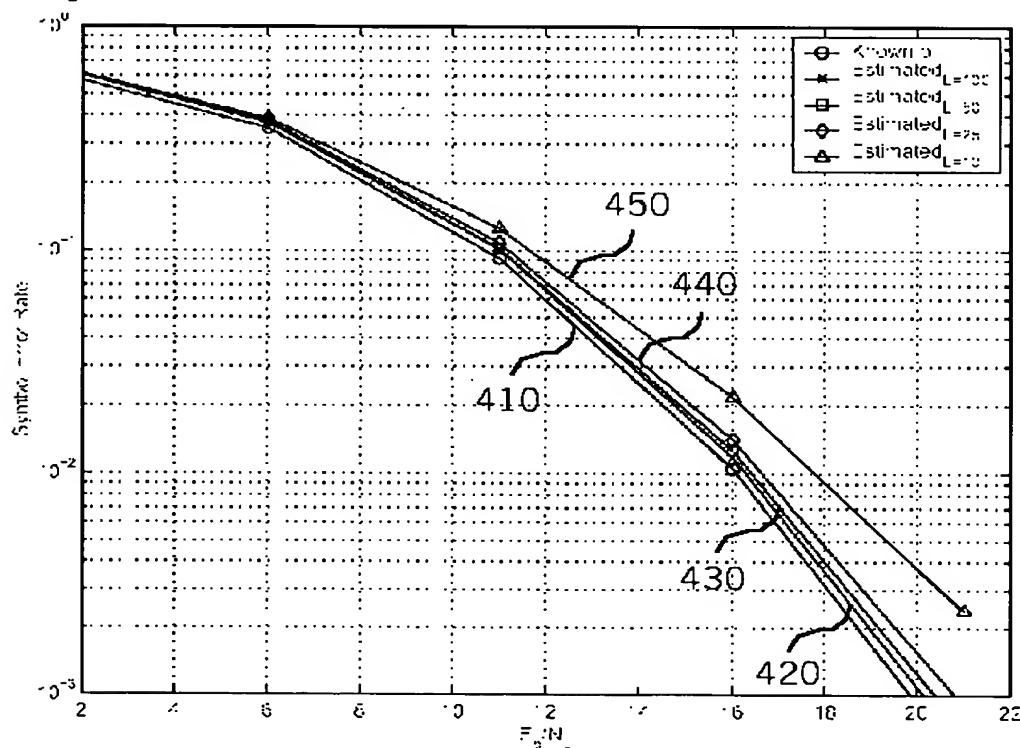
【도 5】



【도 6】



【도 7】



【도 8】

